Arbeit aus dem Königl. Botan. Garten der Universität Breslau.

Anatomie der Geraniaceenblätter in Beziehung zur Systematik der Familie.

Inaugural-Dissertation,

welche

nebst den beigefügten Thesen

mit Genehmigung

der Hohen philosophischen Fakultät der Universität Breslau

zur Erlangung

der Philosophischen Doktorwürde

Dienstag, den 27. März 1900, Mittags 12 Uhr

im Musiksaale der Universität

öffentlich verteidigen wird

Stephan Brunies

aus Cinuskel (Engadin).

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

Opponenten:

Friedrich Fedde, Dr. phil.

Curt Krügel, Dr. phil.

BRESLAU 1900.

Anton Schreiber, Breslau, Albrechtsstrasse 20.

Meinem lieben Bruder

Hans Brunies

in

Dankbarkeit

gewidmet.

Die vorliegende Arbeit wurde vom Wintersemester 1898/99 bis Wintersemester 1900 im botanischen Institut der Breslauer Universität ausgeführt.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer

Herrn Professor Dr. F. Pax,

Direktor des botanischen Gartens,

für die Anregung zu meiner Arbeit und das Interesse, das er mir sowohl bei Anfertigung derselben als auch während meiner ganzen Studienzeit in reichem Masse gezeigt hat, meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546302_0075

Die bisher erschienenen Arbeiten über die Anatomie der Geraniaceen befassen sich zum grössten Teil nur mit der Untersuchung einzelner Organe oder Gewebe. Auch einzelne Arten wurden anatomisch geprüft, aber es fehlt zur Zeit noch an einer übersichtlichen Darstellung der anatomischen Verhältnisse der ganzen Familie mit Rücksicht auf deren systematische Verwertung.

Besonderes Interesse beanspruchten die in der Art der Ausbildung und Verbreitung so verschiedenen Drüsenhaare. So untersuchte MARTINET[1]) diese Organe bei manchen *Geranium-*, *Erodium-* und *Pelargonium*-Arten, HANSTEIN[2]) die Organe der Harz- und Schleimabsonderung in den Laubknospen von *Geranium* und *Pelargonium*.

J. BEHRENS[3]) stellte Untersuchungen an über einige ätherisches Öl secernierende Hautdrüsen, speciell von *Pelargonium zonale*. DE BARY[4]) beschrieb die Wasserspalten von *Geranium macrorrhizum* und REINKE[5]) diejenigen von *Geranium Robertianum*. Ebenso haben die leitenden Elemente der Familie eine ziemlich eingehende anatomische Behandlung in den unten aufgezeichneten grösseren Arbeiten erfahren. Kleinere Angaben, welche nur einzelne Arten besprechen,

---

[1]) Org. d. sécrét. Annales d. sc nat. sér. 5, T. XIV (1872), p. 138 pl. 8–9.

[2]) Ueber die Organe der Harz- und Schleimabsonderung in den Laubknospen. Bot. Zeitung 1868, p. 745.

[3]) Ueber einige ätherisches Öl secernierende Hautdrüsen. Ber. der deutschen botan. Gesellsch. Bd. IV (1886), p. 400.

[4]) Vergl. Anatomie. Leipzig 1877, p. 56.

[5]) Beiträge zur Anatomie der an Laubblättern, besonders an den Zähnen derselben vorkommenden Secretionsorgane. Pringsheim's Jahrb. B. X (1876), p. 163.

findet man in den Arbeiten von DE CANDOLLE[1]) und C. AQUA[2]), ferner bei WEISS[3]) in seinen Untersuchungen über das markständige Gefässbündelsystem und die Blattspuren von *Pelargonium Robertianum*; endlich hat HERBST[4]) die Markstrahlen von *Pelargonium roseum* und *stenopetalum* näher beschrieben.

Unter den Pelargonien ist namentlich das überall leicht zu beschaffende *Pelargonium zonale* Gegenstand wiederholter Untersuchungen gewesen. Der Stammbau dieser Pflanze wurde von HUGO DE VRIES[5]) studiert, während OSKAR SCHULZ[6]) über die physiologische Anatomie der Nebenblattgebilde einiger Geraniaceen Angaben veröffentlichte. VOLKENS[7]) u. [8]) erweiterte unsere Kenntnisse über die Verkorkung bei *Sarcocaulon* und die Blattanatomie einiger Erodiumarten, sowie die von *Monsonia nivea*. Endlich finden sich vereinzelte Angaben über Blattstielanatomie einiger *Geranium*-, *Monsonia*-, *Erodium*- und *Pelargonium*-Arten in der Arbeit von PETIT[9]).

Grössere vergleichend-anatomische Arbeiten über die Geraniaceen lieferten BERGENDAL[10]), SOLEREDER[11]) und endlich

---

[1]) Anatomie comp. Mém. soc. phys. et nat. de Genève T. XXVI, 2 (1879), p. 442.

[2]) Sulla distribuzione dei fasci fibrovasculari nel loro decorso dal fusto alla foglia. Ann. del R. Ist. bot. di Roma, an. III, fasc. 1, Roma, 1877, p. 43—45. Mit Taf. VI—VIII. Leider war mir von dieser Arbeit nur das allerdings ausführliche Referat zugänglich in Just, Jahresb. 1888, p. 732.

[3]) Das markständige Gefässbündelsystem einiger Dicotyledonen in seiner Beziehung zu den Blattspuren. Bot. Centralblatt. III (1883), p. 284.

[4]) Beiträge zur Kenntnis der Markstrahlen dicotyler Kräuter und Stauden. Bot. Centralbl. 1894, I, p. 327.

[5]) Ueber abnormale Entstehung sekundärer Gewebe. Pringsh. Jahrb. XXII (1890), p. 35.

[6]) Vergl. phys. Anatomie der Nebenblattgebilde. Flora 1888, p. 97.

[7]) Ueber Pfl. mit lackierten Blättern. Ber. deutsch. bot. Ges.. Bd. VIII (1890), p. 132.

[8]) Flora d. aegypt.-arab. Wüste. Berlin 1887, p. 109 und Taf. XV.

[9]) Le pétiole des Dicotylédones au point de vue de l'anat. comp. et de la taxinomie. Mém. d. l. soc. des sciences de Bordeaux. 3 sér., III, 1887.

[10]) Bidrag till örtartede dicotyledoners jämförende anatomi. Acta Univ. Lundensis (Lunds Universitets Arskrifft). T. XIX (1883).

[11]) Holzstruktur. München 1885, p. 91.

JÄNNICKE[1]), der in den drei Gattungen *Geranium*, *Erodium* und *Pelargonium* den Bau des Stengels, Blattstieles und des Blütenstieles näher untersuchte.

Auf die Angabe des näheren Inhaltes aller dieser Arbeiten kann um so eher verzichtet werden, als SOLEREDER in seinem verdienstlichen Werke[2]) die Untersuchungen seiner Vorgänger ausführlich charakterisiert.

Wie aus obigen Ausführungen hervorgeht, bedarf in der Familie der Geraniaceen noch das Blatt einer eingehenderen anatomischen Untersuchung. Zwar ist der Blattstiel dieser Familie von JÄNNICKE und PETIT anatomisch behandelt worden, sodass vorliegende Arbeit fast ausschliesslich sich auf die Blattspreiten-Anatomie beschränken muss und diejenige des Blattstieles nur insofern mitberücksichtigt, als sie das Verständnis der anatomischen Verhältnisse der Blattspreite erleichtert. In zweiter Linie kommt es darauf an, den Nachweis zu führen, ob die anatomischen Merkmale der Tribus und Gattungen sich mit der morphologischen Charakteristik derselben decken oder nicht.

Da im Berliner botanischen Garten die Gattung *Geranium* den Gegenstand eingehender Untersuchung bildet, verständigte ich mich mit deren Verfasser, um eine Collision unserer Arbeiten zu vermeiden, dahin, dass ich genannte Gattung nur insoweit behandeln würde, als dies für die allgemeine Charakteristik der Familie und der Gattungen nötig erscheint.

Das Material zu dieser Arbeit entnahm ich zum grössten Teil dem sehr reichhaltigen Herbar des hiesigen botanischen Gartens, ein weit geringerer Teil bestand aus lebenden Pflanzen, die wiederum zum grössten Teil der hiesige botanische Garten lieferte.

---

[1]) Beiträge zur vergl. Anatomie d. Geraniaceen. Abh. d. Senckenberg. naturforsch. Gesellsch. Bd. XIV (1886).

[2]) Systematische Anatomie der Dicotyledonen. Stuttgart 1899, p. 192.

Liste der untersuchten Pflanzen.

1. Geranium.

G. macrorrhizum L., argenteum L., cinereum Cav., subcaulescens L'Hér., anemonifolium L'Hér., tuberosum L., nepalense Sw., sibiricum L., Endressi Gay, pyrenaicum L., Hernandezii DC., incanum L., niveum Wats., ibericum Cav., phaeum L., dahuricum DC., lucidum L, arboreum Gray, cuneatum Hook., coeruleum Patr.

2. Monsonia.

M. ovata Cav., biflora DC., Burkeana Planch., umbellata Harv., nivea Webb, senegalensis Guill. et Perr. var. subbiflora Hochst., lobata Willd., speciosa L.

3. Sarcocaulon.

S. Burmanni DC.

4. Erodium.

E. texanum Gray, Hussoni Boiss., glaucophyllum Ait., mauritanicum Coss., Gussonei Ten., asplenioides Willd., astragaloides Boiss. et Reut., absinthoides Willd., Semenovii Regel u. Herd., bryoniaefolium Boiss., Botrys Bert, oxyrrhynchum M. B.

5. Pelargonium.

P. oxalidifolium Pers., campestre Steud., rapaceum Jacq., triste Ait., fulgidum Willd., amatymbicum Steud., caffrum Steud., artemisiaefolium DC., cardiophyllum Harv., grossularioides Ait., ovale L'Hér., elegans Willd., coronopifolium Jacq., tricolor Curt., peltatum Ait., palulum Jacq., laevigatum Willd., scabrum Ait., zonale Willd., inquinans Ait., alpinum Eckl. et Zeyh., capitatum Ait., crispum Ait., Radula Ait., Endlicherianum Fenzl, graveolens Cav.

6. Biebersteinia.

B. multifida DC.

7. Rhynchotheca.

R. spinosa Ruiz et Pav.

8. Wendtia.

W. Reynoldsii Endl., gracilis Meyen.

9. Balbisia.

B. microphylla Phil.

10. Viviania.

V. crenata Don, parvifolia Klotzsch, ovata Phil.

11. Dirachma.

D. socotrana Schweinf.

A. Anatomie der Blattspreite.

I. Hautsystem.

a) Epidermis.

Die Epidermis ist stets einschichtig. Im Querschnitt erscheinen ihre Zellen mehr oder weniger tafelförmig, meist schwach nach aussen gewölbt, seltener isodiametrisch. Eine etwas abweichende Gestalt besitzen sie auf der Unterseite des Blattes von *Rhynchotheca spinosa*, wo sie sich schwach papillenartig nach aussen vorwölben. Einen Unterschied in der Grösse der Epidermiszellen, wobei diejenigen der Unterseite stets die kleineren sind, zeigen einzelne Arten von *Geranium*, *Pelargonium*, *Rhynchotheca*, *Monsonia* und *Viviania*. Die Epidermiszellen der Nerven sind im Querschnitt kubisch, ihre Innen- und Aussenwände gewöhnlich stark vorgewölbt.

Mannigfaltiger gestaltet erscheinen die Zellen der Epidermis von der Fläche gesehen. Typisch polygonalen Umriss auf Ober- und Unterseite besitzen sie bei zahlreichen Arten der Familie; nicht selten aber erscheint der Verlauf der Seitenwände der Epidermiszellen gewellt, und zwar gilt dies dann für die Unterseite in weit höherem Grade als für die Oberseite. Dies ist z. B. der Fall bei *Geranium phaeum*, *dahuricum*, *Pelargonium zonale*, *capitatum*, *Radula*, *Viviania crenata*. Dem bifacialen Bau der meisten Geraniaceenblätter entsprechend, erscheint der Verlauf der Seitenwände auf Ober- und Unterseite bei sehr vielen Arten insofern verschieden, als die Oberseite meist gerade, die Unterseite aber gewellte Seitenwände besitzt.

Sehr verschieden erscheint der Grad der Verdickung der Aussen- und Innenwände, während die Seitenwände bedeutend schwächer verdickt oder noch häufiger zartwandig sind. Nur schwach verdickt erscheinen die Aussenwände bei vielen *Geranium*- und *Erodium*-Arten; stark verdickte Aussenwände besitzen dagegen die Arten von *Monsonia*, die

Bewohner trockenster Klimate aus dem Genus *Erodium* und viele Pelargonien, und daran reiht sich die unter ähnlichen klimatischen Verhältnissen lebende *Rhynchotheca spinosa* aus Chile.

Aus mechanischen Gründen wird es verständlich, dass die über den Rippen liegenden Epidermiszellen eine stärkere Verdickung zeigen als die tiefer liegenden, benachbarten; namentlich tritt dies deutlich hervor bei den *Viviania*-Arten, wo auf der Unterseite die Epidermiszellen der Rippen verdickt erscheinen, während die übrigen unverdickt bleiben.

Die Innenwände der Rippenepidermis sind stets collenchymatisch verdickt, ebenso diejenigen der Epidermis des Blattrandes von *Geranium anemonifolium* und *cuneatum*.

Es ist eine auffallende Thatsache, dass nur bei wenigen Geraniaceen der Blattrand in der Verdickung der Epidermiswände einen mechanischen Schutz findet. In einzelnen Fällen übernehmen besonders stark verdickte, meist nur wenig vorspringende, kurz kegelförmige Haare des Blattrandes die Funktion, welche bei den Laubblättern vieler anderer Pflanzen collenchymatisch ausgebildete Randzellen oder subepidermale, mechanische Stränge ausüben. Diese letzteren aber sind in der Familie der Geraniaceen, wie später noch gezeigt wird, ziemlich selten.

Oefters erscheinen auch die Seitenwände mehr oder weniger verdickt und dann gewöhnlich getüpfelt, so bei *Erodium mauritanicum, Semenovii, bryoniaefolium, Pelargonium artemisiaefolium, cardiophyllum* und *alpinum*.

Eine höchst merkwürdige Eigentümlichkeit, die den meisten *Geranium*- und *Erodium*-Arten zukommt, bietet die Betrachtung der Seitenwände der Epidermiszellen von der Fläche gesehen. Bei schärferer Einstellung des Mikroskops nämlich fallen sonderbare zapfenförmige Knötchen ins Auge, die meistens an der Aussenseite der Wellenbiegungen sich befinden und besonders scharf dort auftreten, wo die Wellung der Seitenwände am stärksten ausgeprägt erscheint, also gewöhnlich auf der Blattunterseite; in schwächerem Masse fand ich sie auch an Epidermiszellen von einem mehr polygonalen Umriss. Bei Behandlung mit Chlorzinkjod trat zwar eine

deutliche Blaufärbung nicht ein, dagegen lösten sich die Knötchen bei Zusatz von concentrirter Schwefelsäure sofort auf, woraus hervorgeht, dass es sich um Celluloseverdickungen handelt. Es springen von der Oberseite her an den erwähnten Stellen locale Verdickungen an den Seitenwänden gegen den Grund der Epidermiszelle vor, die auf dem Flächenschnitt das beschriebene Bild ergeben müssen.

Gewöhnlich lässt sich ein merklicher Unterschied in der Grösse der Epidermiszellen der Ober- und Unterseite nicht erkennen, dagegen weichen *Geranium macrorrhizum*, *anemonifolium*, *arboreum*, *Monsonia ovata*, *Pelargonium patulum*, *Rhynchotheca spinosa*, *Viviania crenata*, *parvifolia* und *ovata* darin vom typischen Verhalten ab, dass die Epidermiszellen der Oberseite die der Unterseite an Grösse bedeutend übertreffen.

Die Kutikula stellt eine relativ dünne Lamelle dar. Eigentümlich für die ganze Familie mit wenigen Ausnahmen sind die Kutikularleisten, die stets an der Nerven- und Blattrandepidermis am ausgeprägtesten erscheinen, wo sie gewöhnlich in der Richtung des grösseren Zellendurchmessers verlaufen, meist in gerader Richtung, einfach oder seltener verzweigt, nur in sehr vereinzelten Fällen (*Pelargonium caffrum*, *peltatum*) durch Anastomosen mit einander verbunden. Nur bei wenigen *Erodium*- und *Geranium*-Arten, bei *Monsonia umbellata*, *Sarcocaulon Burmanni*, ferner bei sehr wenigen Pelargonien, bei *Wendtia Reynoldsii*, *gracilis* und *Viviania ovata* fand ich die beschriebenen Kutikularleisten nicht. Die Kutikula der Haare und der Nachbarzellen der Spaltöffnungen ist oft strahlenförmig gerillt.

Die Epidermis des Blattstieles hat JÄNNICKE in seiner oben citirten Arbeit behandelt. Zwar hat der genannte Forscher nur die Gattungen *Geranium*, *Erodium* und *Pelargonium* studirt, doch können meine Untersuchungen, die sich in dieser Hinsicht auch auf *Monsonia*, *Sarcocaulon*, *Viviania* und *Dirachma* erstrecken, seine Ergebnisse nur bestätigen. Die Epidermis des Blattstiels weicht von der der Spreite nur insofern ab, als die einzelnen Zellen hier im Sinne des Blattstieles gestreckt erscheinen.

Die im Obigen kurz mitgeteilten Thatsachen lassen sich in folgenden Tabellen übersichtlich zusammenstellen.

Gerade Epidermisseitenwände		Gewellte Epidermisseitenwände	
Blattoberseite	Blattunterseite	Blattoberseite	Blattunterseite
Geranium	*Geranium*	*Geranium*	*Geranium*
macrorrhizum			*macrorrhizum*
argenteum	*argenteum*	*Endressi*	*Endressi*
cinereum	*cinereum*	*pyrenaicum*	*pyrenaicum*
subcaulescens	*subcaulescens*	*niveum*	*niveum*
anemonifolium			*anemonifolium*
tuberosum			*tuberosum*
nepalense			*nepalense*
sibiricum			*sibiricum*
incanum	*incanum*	*phaeum*	*phaeum*
Hernandezii			*Hernandezii*
ibericum			*ibericum*
lucidum			*lucidum*
arboreum			*arboreum*
cuneatum	*cuneatum*	*dahuricum*	*dahuricum*
coeruleum			*coeruleum*
Monsonia	*Monsonia*	*Monsonia*	*Monsonia*
ovata	*ovata*	*biflora*	*biflora*
umbellata	*umbellata*	*Burkeana*	*Burkeana*
nivea	*nivea*		
senegalensis	*senegalensis*		
lobata	*lobata*		
speciosa			*speciosa*
Sarcocaulon	*Sarcocaulon*		
Burmanni	*Burmanni*		
Erodium	*Erodium*		*Erodium*
texanum			*texanum*
Hussoni	*Hussoni*		
glaucophyllum	*glaucophyllum*		
mauritanicum	*mauritanicum*		
Gussonei			*Gussonei*
asplenioides			*asplenioides*
astragaloides			*astragaloides*
absinthoides	*absinthoides*		

Gerade Epidermisseitenwände		Gewellte Epidermisseitenwände	
Blattoberseite	Blattunterseite	Blattoberseite	Blattunterseite
Erodium	*Erodium*	*Erodium*	*Erodium*
Semenovii			*Semenovii*
bryoniaefolium	*bryoniaefolium*		
		Botrys	*Botrys*
oxyrrhynchum			*oxyrrhynchum*
Pelargonium	*Pelargonium*	*Pelargonium*	*Pelargonium*
oxalidifolium			*oxalidifolium*
campestre			*campestre*
fulgidum	*fulgidum*		
amatymbicum	*amatymbicum*		
artemisiaefolium	*artemisiaefolium*		
cardiophyllum	*cardiophyllum*		
grossularioides	*grossularioides*		
ovale	*ovale*		
elegans	*elegans*		
coronopifolium	*coronopifolium*		
tricolor	*tricolor*		
peltatum	*peltatum*		
patulum	*patulum*		
laevigatum	*laevigatum*	*Radula*	*Radula*
scabrum	*scabrum*	*zonale*	*zonale*
inquinans			*inquinans*
alpinum			*alpinum*
crispum	*crispum*	*capitatum*	*capitatum*
canariense			*canariense*
Rhynchotheca	*Rhynchotheca*		
spinosa	*spinosa*		
Wendtia			*Wendtia*
Reynoldsii			*Reynoldsii*
gracilis			*gracilis*
Viviania		*Viviania*	*Viviania*
ovata			*ovata*
Dirachma	*Dirachma*	*crenata*	*crenata*
socotrana	*socotrana*		

Stark verdickte Aussen- und Innenwände der		Schwach verdickte Aussen- und Innenwände der		Dünnwandige Aussen- und Innenwände der	
oberen Epidermis	unteren Epidermis	oberen Epidermis	unteren Epidermis	oberen Epidermis	unteren Epidermis
Geranium	*Geranium*	*Geranium*	*Geranium*	*Geranium*	*Geranium*
		argenteum	*argenteum*	*macrorrhizum*	*macrorrhizum*
		cinereum	*cinereum*		
		subcaulescens	*subcaulescens*		
		anemonifolium	*anemonifolium*		
		tuberosum	*tuberosum*		
		nepalense	*nepalense*		
		sibiricum	*sibiricum*		
		Endressi	*Endressi*		
		pyrenaicum	*pyrenaicum*		
incanum			*incanum*		
		Hernandezii	*Hernandezii*		
		niveum	*niveum*		
		ibericum	*ibericum*	*phaeum*	*phaeum*
dahuricum					*dahuricum*
		lucidum	*lucidum*		
cuneatum	*cuneatum*	*arboreum*	*arboreum*	*coeruleum*	*coeruleum*
Monsonia	*Monsonia*	*Monsonia*	*Monsonia*		*Monsonia*
biflora	*biflora*	*ovata*			*ovata*
Burkeana	*Burkeana*	*umbellata*	*umbellata*		
nivea	*nivea*	*senegalensis*	*senegalensis*		
lobata	*lobata*	*Sarcocaulon*	*Sarcocaulon*		
speciosa	*speciosa*	*Burmanni*	*Burmanni*		
Erodium		*Erodium*	*Erodium*		
		texanum	*texanum*		
Hussoni			*Hussoni*		
glaucophyllum			*glaucophyllum*		
mauritanicum			*mauritanicum*		
		Gussonei	*Gussonei*		
		asplenioides	*asplenioides*		
astragaloides			*astragaloides*		

Stark verdickte Aussen- und Innenwände der		Schwach verdickte Aussen- und Innenwände der		Dünnwandige Aussen- und Innenwände der	
oberen Epidermis	unteren Epidermis	oberen Epidermis	unteren Epidermis	oberen Epidermis	unteren Epidermis
		Erodium Semenovii bryoniaefolium Botrys oxyrrhynchum	*Erodium Semenovii bryoniaefolium Botrys oxyrrhynchum*		
Pelargonium amatymbicum	*Pelargonium amatymbicum*	*Pelargonium oxalidifolium*	*Pelargonium oxalidifolium*	*Pelargonium Radula*	*Pelargonium Radula*
artemisiaefolium	*artemisiaefolium*	*campestre*	*campestre*	*Endlicherianum*	*Endlicherianum*
cardiophyllum	*cardiophyllum*	*rapaceum*	*rapaceum*	*graveolens*	
caffrum					*caffrum*
elegans	*elegans*			*tricolor*	*tricolor*
coronopifolium	*coronopifolium*	*triste*			*triste*
laevigatum	*laevigatum*	*grossulariioides*	*grossulariioides*	*peltatum*	*peltatum*
scabrum	*scabrum*	*ovale*	*ovale*	*zonale*	*zonale*
alpinum	*alpinum*	*patulum*	*patulum*	*capitatum*	*capitatum*
crispum	*crispum*	*inquinans*			*inquinans*
		Biebersteinia multifida	*Biebersteinia multifida*		
Rhynchotheca spinosa	*Rhynchotheca spinosa*				
		Wendtia Reynoldsii	*Wendtia Reynoldsii*	*Wendtia gracilis*	*Wendtia gracilis*
				Balbisia microphylla	*Balbisia microphylla*
Viviania crenata parvifolia ovata					*Viviania crenata parvifolia ovata*
Dirachma socotrana			*Dirachma socotrana*		

b) Trichomgebilde.

Die Dichte und die Art des Induments, die Form, Grösse, Dicke und Richtung der Haare, die Ausbildung von Nebenzellen u. a. m., alles das bietet für die verschiedenen Species Unterschiede dar. Auch bei einer und derselben Art finden sich oft verschieden gestaltete Trichome.

Zur besseren Uebersicht erscheint es vorteilhaft, wenn man die Trichome nach ihrer physiologischen Bedeutung in zwei Gruppen gliedert, nämlich in Deckhaare, welche niemals Secrete abscheiden, und in Drüsenhaare, die als typische Secretionsorgane fungieren. Diese Scheidung ist hier um so berechtigter, als bei keiner Art ein Uebergang zwischen beiden Kategorien von Trichomen gefunden wurde. Die Drüsenhaare würden zwar streng genommen im Abschnitt über die Secretionsorgane ihre Besprechung finden müssen, aber da in ihrem Bau die Gliederung echter Trichome wiederkehrt, sollen sie hier im Anschluss an diese behandelt werden.

α) Deckhaare.

Grosse Schwierigkeiten bietet bei der Untersuchung an Herbarmaterial der Nachweis eines absoluten Fehlens jeglicher Bekleidung. Trotzdem glaube ich behaupten zu können, dass Sarcocaulon Burmanni einer Haarbekleidung vollkommen entbehrt. Diese Pflanze ist ein Bewohner der afrikanischen Wüstengebiete und erlangt dadurch einen wirksamen Transpirationsschutz, dass die Blätter sehr schnell vergänglich sind. Am Stengel aber tritt ein subepidermales Korkgewebe als Speicherorgan für Harz auf, welches auf eine bisher noch unbekannte Weise an die Oberfläche der Achsenorgane tritt, so die perennierenden Teile der Pflanze mit einem Harzmantel umgebend, der in gleicher Weise die Transpiration herabsetzt wie ein dichtes Haarkleid, umsomehr, als den harzbedeckten Internodien nach den Untersuchungen von VOLKENS [1]) Spaltöffnungen fehlen.

[1]) Ueber Pflanzen mit lackierten Blättern. Ber. deutsch. botan. Gesellsch. VIII (1890), p. 132.

Das Fehlen von Haaren konnte ich ferner nur für *Monsonia biflora, Pelargonium caffrum, laevigatum, scabrum* auf deren Blattoberseite und für *Geranium anemonifolium* auf dessen Blattunterseite und bei *Rhynchotheca spinosa* auf beiden Seiten konstatieren. Dabei muss ich aber bemerken, dass bei allen diesen der Blattrand nicht miteinbegriffen ist, der stets behaart ist und bei vielen Arten durch die oft starke und eigenartige Behaarung einerseits und durch die meist kräftig entwickelten Nebenzellen andererseits einen wertvollen mechanischen Schutz erhält.

Die Dichte der Behaarung durchläuft bei den verschiedenen Arten alle möglichen Abstufungen. So zeigen z. B. die Blätter sehr vieler Arten ein beiderseitiges dichtes Haarkleid. Ganz besonders dichtfilzig behaart sind die Blätter von *Geranium niveum, Monsonia nivea, umbellata, Erodium Gussonei, bryoniaefolium, astragaloides, Pelargonium fulgidum, tricolor, inquinans, Endlicherianum, Balbisia microphylla, Viviania crenata, parvifolia, ovata* und *Dirachma socotrana.*

Andere Arten zeichnen sich dadurch aus, dass nur die eine Seite dicht behaart ist; so erscheint z. B. die Oberseite von *Geranium macrorrhizum, Endressi, Hernandezii, dahuricum, Pelargonium grossularioides, ovale, zonale, alpinum, Radula* dicht, dagegen deren Unterseite spärlich bekleidet. In diesem Falle concentrieren sich die unterseitigen Haare zum grossen Teil auf die Blattrippen, während die Zwischenfelder davon durch eine weniger dichte Haarbedeckung abstechen. Seltener weist die Unterseite eine dichtere Behaarung auf als die Oberseite. Ein solches Verhalten zeigen *Geranium phaeum, Monsonia Burkeana, Pelargonium campestre, Erodium mauritanicum, Viviania crenata, parvifolia* und *ovata.*

Im Allgemeinen besitzen die beiderseits dichtbehaarten Blätter auf der Ober- und Unterseite Spaltöffnungen. Ist das Haarkleid auf der Blattoberseite stärker entwickelt, so treten Spaltöffnungen meist auch beiderseits auf, und es ist dann die der Insolation ausgesetzte Oberseite stärker geschützt, als die ihrer Orientierung nach vorteilhafter gelegene Unterseite.

Als ein charakteristisches Merkmal aller Haare mag hervorgehoben werden, dass sie niemals verzweigt sind. Der Haarfuss weicht stets von den übrigen Epidermiszellen durch Grösse und Gestalt ab. Während der Haarkörper sich stets nach unten zu erweitert, keilt sich der Fuss meist in Form eines Kegels oder Kegelstumpfes zwischen die Epidermiszellen ein. Nur *Geranium cuneatum*, *Wendtia Reynoldsii*, *gracilis*, *Balbisia microphylla*, *Viviania parvifolia*, *ovata* und *Dirachma socotrana* bilden hiervon Ausnahmen, indem ihre Haarfussstücke eine cylindrische Gestalt annehmen.

Die Richtung der Haare zur tragenden Epidermis ist bei der überwiegenden Mehrzahl eine konstante. Die längeren Haare erscheinen nach der Blattspitze beziehungsweise den Enden der Blattsegmente hin gerichtet, jedoch kommt es oft vor, dass nur die Oberseite ein solches Verhalten zeigt, während auf der Unterseite die Haare keine besondere Orientierung aufweisen (*Geranium iberieum*, *Erodium oxyrrhynchum*, *Pelargonium inquinans*, *alpinum*, *Radula*, *Dirachma socotrana*). Bei *Geranium incanum* und *niveum* kommen die Haare, indem der Haarkörper dicht oberhalb des Fusses rechtwinklig umbiegt, parallel mit der Blattfläche zu liegen. Die kürzeren, derberen, fast stachelförmigen Haare dagegen sind meist senkrecht zur tragenden Fläche gerichtet.

Die Haare sämtlicher Arten laufen fast ausnahmslos in eine scharfe Spitze aus. Sie sind entweder schlauch-, pfriemen- bis fadenförmig oder kurz, stachelartig, in letzterem Falle meist sehr stark verdickt. Dieser letztere Typus ist z. B. charakteristisch für *Monsonia ovata* (Fig. 4), *bidora*, *Geranium tuberosum*, *Erodium Hussoni*, *glaucophyllum*, *Pelargonium campestre*, *caffrum*, *artemisiaefolium* (Fig. 5), *coronopifolium*, *peltatum* u. a. Bei *Pelargonium patulum*, *laevigatum*, *scabrum*, *grossularioides* nehmen die Haare eine stumpfkonische Gestalt an.

Die Kutikula der Haare erscheint bei den meisten untersuchten Arten körnig; glatt ist sie z. B. bei *Geranium macrorhizum*, *anemonifolium*, *phaeum*, *Pelargonium campestre* u. a., bei *Viviania crenata*, *parvifolia* und *Dirachma socotrana*.

Die Haare einer und derselben Fläche sind mit sehr wenigen Ausnahmen von einander nicht wesentlich verschieden,

wohl aber kommt es oft vor, dass Ober- und Unterseite bezüglich der Behaarung von einander abweichen. So sind z. B. bei *Geranium coeruleum, dahuricum* und *Erodium texanum* die Haare der Unterseite im Allgemeinen grösser, bei *Pelargonium alpinum* etwas dünner und schlanker als diejenigen der Oberseite.

Nur bei sehr wenigen Arten treten unmittelbar neben einander die verschiedensten Haarbildungen auf. Ein Beispiel dafür bietet *Monsonia ovata*, deren Blattunterseite drei Haartypen aufweist. Neben sehr kleinen, einzelligen, stachelartigen Haaren, welche auf der Oberseite die einzige Bekleidung bilden, treten andere, einzellige, aber pfriemenförmige und längere Haare auf, deren Verbreitung sich nur auf die Rippen beschränkt; und endlich treten zu diesen in scharfen Gegensatz Trichome, welche aus Zellreihen sich aufbauen.

Ein analoges Verhalten zeigt *Geranium lucidum* (Fig. 2 u. 3). Die Oberseite ist hier ziemlich dicht mit kurzen, fadenförmigen, granulierten und meist gebogenen Haaren besetzt, zwischen welchen sehr vereinzelt solche von einem ganz eigentümlichen Aussehen auftreten. Was diese letztere Haarform (Fig. 3) von allen anderen besonders unterscheidet, ist der kolossale Umfang, der denjenigen der bereits beschriebenen um ein Vielfaches übertrifft. Schon mit einer guten Lupe kann man dieses Haar als ein deutlich segmentiertes erkennen. Die Zahl der einzelnen Zellen scheint eine konstante zu sein und beträgt, soweit untersucht wurde, stets fünf bis sechs. Das Basalstück ist das breiteste und erreicht ungefähr die halbe Länge des ganzen Haares. Die zweite Zelle unterscheidet sich von der ersten durch eine etwas geringere Länge und Breite. Auffallend ist der Unterschied zwischen dem zweiten und dritten Teilstück. Letzteres ist nämlich schmäler und drei bis vier Mal kürzer als das darunter liegende. Das Verhältnis zwischen dem dritten und vierten Segment ist ungefähr dasselbe wie zwischen dem zweiten und dritten. Die stachelförmige Spitze des Haares ist äusserst klein. Die ziemlich spärlichen Haare

der Unterseite, die sich auf die Blattrippen und deren Umgebung concentrieren, sind ziemlich klein, granuliert, etwas verdickt und gewöhnlich einzellig.

Auch die drei untersuchten *Viviania*-Arten zeigen ein ähnliches Verhalten. Die Oberseite und die Rippen von *Viviania crenata* und *parvifolia* erscheinen dicht mit kleinen, pfriemenförmigen, einzelligen, stark verdickten Haaren besetzt. Die Unterseite dagegen ist wie bei *Pelargonium amatymbicum* mit einem dichten Filz von Wollhaaren bedeckt. *Viviania ovata* unterscheidet sich von den zwei übrigen Arten nur insofern, als hier auch auf der Oberseite Wollhaare auftreten; auch ist die andere Haarform hier stärker entwickelt.

Bei der Mehrzahl der untersuchten *Geraniaceen* sind die Haare einzellig. Wo mehrzellige Haare auftreten, sind diese stets einreihig.

Ein- bis mehrzellige Haare besitzen *Geranium sibiricum, anemonifolium, Endressi, Erodium Gussonei, Pelargonium zonale, Endlicherianum, inquinans, graveolens*; mehrzellige Haare finden sich an der Blattunterseite von *Geranium lucidum, Pelargonium zonale* und *alpinum* vor.

Der Grad der Verdickung der Haare schwankt bei den verschiedenen Arten innerhalb weiter Grenzen. Bei der überwiegenden Mehrzahl der Fälle zeigen die Haare eine ziemlich bedeutende Verdickung ihrer Membran. Eben so sehr wie die Form der Haare, differiert auch deren Grösse. Durch äusserst kleine Haare zeichnen sich *Monsonia senegalensis, Erodium Hussoni, Pelargonium patulum, laevigatum, crispum, scabrum, artemisiaefolium* (Fig. 5) und *grossularioides* aus.

Als eine Eigentümlichkeit der Familie mag, wie vorhin erwähnt wurde, die Thatsache gelten, dass der Fuss der Haare stets anders gestaltet ist als die übrigen Epidermiszellen. Bei fast allen Arten sind die die Haarbasis umgebenden Epidermiszellen strahlenförmig angeordnet und je nach Grösse des Haarfusses grösser oder kleiner als diese.

Die Haarnebenzellen erscheinen bei den meisten Arten, namentlich den Pelargonien mehr oder weniger polsterartig

emporgehoben. Den Höhepunkt dieser Ausbildung erreichen die Haare der Blattrippen von *Pelargonium scabrum*, wo das den Fuss des Haares umgebende Gewebe der Epidermis zu einer Emergenz oder Zotte stark emporgehoben ist, in die das eigentliche Haar eingesenkt erscheint.

Ganz flach sind die Haarnebenzellen bei *Geranium cuneatum, Wendtia Reynoldsii, gracilis, Balbisia microphylla, Viviania crenata, parvifolia, ovata* und *Dirachma socotrana.*

In allen den bisher erwähnten Fällen handelt es sich um typische Trichomgebilde; dagegen finden sich allerdings nur bei einer Gruppe, den Arten von *Biebersteinia*, auch Emergenzen. Die eben beschriebenen polsterförmigen Wülste, in welche das Haar von *Pelargonium scabrum* mit seiner Basis eingesenkt wird, können als Uebergangsform zu den Emergenzen von *Biebersteinia* aufgefasst werden.

Diese Emergenzen sitzen als keulenförmige Gebilde den Nerven und der Blättchenunterseite auf (Fig. 7). Ihr Körper ist stets mehrschichtig, das Ende der Zotte leicht kopfig erweitert, deren Oberfläche stets glatt.

β) Drüsenhaare.

Nur bei *Sarcocaulon Burmanni, Pelargonium laevigatum, Biebersteinia multifida, Dirachma socotrana* und ferner auf der Blattoberseite von *Geranium anemonifolium, Rhynchotheca spinosa, Wendtia Reynoldsii* und *gracilis* konnten keine Drüsenhaare nachgewiesen werden.

Abgesehen von diesen Ausnahmen sind, wie MARTINET[1]) dies für etwa zwanzig *Pelargonium*-Arten nachwies, bei den meisten Arten, auch der anderen Gattungen, die Blätter dicht mit Drüsenhaaren besetzt. Besonders zahlreich traf ich solche bei *Monsonia senegalensis, Erodium Botrys, asplenioides, mauritanicum, Geranium macrorrhizum* und *Pelargonium graveolens,* spärlich bei *Geranium anemonifolium, sibiricum, phaeum, dahuricum, Erodium astragaloides, oxyrrhynchum, Pelargonium caffrum,*

[1]) Org. d. sécrét. Ann. d. sc. nat. Paris. Sér. 5. T. XIV (1872), p. 138.

scabrum, *patulum*, *Wendtia Reynoldsii*, *gracilis* und *Viviania ovata* an.

Bei sehr vielen Arten ist die Blattunterseite die drüsenreichere; namentlich sind es hier die Blattrippen, die sich durch den Besitz sehr zahlreicher Drüsenhaare auszeichnen. Auffallender Weise tritt zu diesem allgemeinen Verhalten in scharfen Gegensatz das Blatt von *Pelargonium zonale* und *peltatum*, dessen Oberseite in viel grösserer Zahl Drüsenhaare trägt, als die Unterseite.

Die sämtlichen Drüsenhaare, mögen sie in ihrem sonstigen Aussehen noch so sehr variieren, bestehen aus einem ein- bis mehrzelligen, einreihigen Stiel und einem einzelligen Köpfchen. Das gelbe bis braune Secret, welches wie J. BEHRENS[1]) ganz richtig für *Pelargonium zonale* festgestellt hat, zwischen der Kutikularschicht und der Celluloselamelle der Aussenwand auftritt, bedingt offenbar den den meisten Geranien eigentümlichen Geruch. Damit in Übereinstimmung äussert sich MARTINET[2]) über Pelargonium folgender Maassen: *„En général, c'est chez les Pelargonium les plus odorantes qu'elles sont les plus abondantes et les plus developpés“.*

Alle Drüsenhaare lassen sich bei den Geraniaceen in zwei Haupttypen scheiden, in kleine, deren Stiele aus einer oder mehreren, gleichlangen Zellen bestehen, und in lange Drüsenhaare, deren Fusszellen die übrigen an Grösse bedeutend übertreffen. Von diesen zwei Formen ist die erste die weitaus häufigere, auch da, wo beide Typen zusammen auftreten.

Bei *Monsonia Burkeana*, *Pelargonium campestre*, *inquinans*, *alpinum*, ferner auf der Blattunterseite von *Geranium macrorrhizum*, *Monsonia biflora*, *umbellata*, *Erodium glaucophyllum* und *Pelargonium amatymbicum* treten beiderlei Drüsenhaare auf.

Bei *Monsonia biflora* finden sich die grossen Drüsenhaare nur auf den Blattrippen; sie sind ungefähr ein Drittel länger, zwei Mal breiter als die zwischen ihnen stehenden

---

[1]) Ueber einige ätherisches Öl secernierende Hautdrüsen. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. IV (1886), p. 400.

[1]) Org. d. sécrét. Ann. d. sc. nat. Paris. Sér. 5. T. XIV (1872), p. 138.

Deckhaare. Die am Grunde liegende Zelle, die ungefähr zwei Drittel der ganzen Drüsenhaarlänge einnimmt, erscheint ziemlich stark verdickt und besitzt genau die Form derjenigen der Deckhaare, nämlich sie erweitert sich allmählich nach unten zu, um dann wie dort in Form eines stumpfen Kegels in der Epidermis zu endigen. Zwischen der kleinen Köpfchen- und der Basalzelle liegen zwei kurze, cylindrische Zellen. Was bei der Betrachtung dieser Drüsenhaare besonders auffällt, das sind die strahlenförmig angeordneten, polsterartig erhöhten Zellen des die Drüsenhaare unmittelbar umgebenden Epidermisgewebes. Die grösseren Drüsenhaare von *Monsonia Burkeana* unterscheiden sich von denen der *Monsonia biflora* durch ihre geringere Grösse; auch treten sie am ganzen Blatt auf; ferner erscheint ihre Basalzelle relativ stärker verdickt.

Bei den Geranien (*G. macrorrhizum*) und zahlreichen Pelargonien stimmen im Wesentlichen die grossen Drüsenhaare unter einander überein; sie unterscheiden sich aber von den beschriebenen Trichomen der *Monsonia*-Arten durch die weit geringere Verdickung ihrer Basalzelle.

Das secernierende Köpfchen der Drüsenhaare ist bei allen Arten kugelförmig, bei den kleinen Drüsenhaaren von *Geranium incanum* dagegen von eiförmiger Gestalt.

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle sind die Nebenzellen der Drüsenhaare mehr oder weniger deutlich strahlenartig angeordnet. Die Nebenzellen der kleinen Drüsenhaare erscheinen stets grösser, diejenigen der längeren gewöhnlich kleiner als die Fusszellen der Drüsenhaare.

II. Mechanisches System.

a. Collenchym.

Das mechanische System des Blattstiels ist von JÄNNICKE[1]) erschöpfend besprochen worden, so dass ich auf die Darlegung dieses Verhältnisses verzichten kann und nur die Blattspreite berücksichtige.

[1]) Beitr. zur vergl. Anatomie der Geraniaceen. Abh. d. Senckenb. naturf. Gesellschaft XIV.

Das mechanische Gewebe der Blattspreite wird bei den Geraniaceen zum grossen Teil nur vom Collenchym gebildet, welches nirgends vollständig fehlt. Das Collenchym bildet einmal eine hohlcylindrische Scheide unmittelbar um die Bündel und tritt zweitens in Form von auf dem Querschnitt sichelförmigen Belägen auf, die an die beiderseitige Epidermis grenzen und vom Bündel selbst durch Nervenparenchym getrennt werden. In vielen Fällen aber verschmelzen jene Beläge mit den Collenchymscheiden, und es entstehen die sogenannten durchgehenden Nerven, welche die ganze Dicke des Blattes durchsetzen, und in deren Centrum die leitenden Elemente dann eingebettet liegen. Solche Bündel treten schon bei makroskopischer Betrachtung als gegen die Unterseite deutlich vorspringende Nerven hervor.

Bei *Geranium macrorrhizum* und *anemonifolium* wölben sich die Nerven auch gegen die Oberseite vor, was aber nicht allein durch die kräftigere Entwicklung von Collenchym bedingt wird, sondern auch zum Teil auf das reichlicher ausgebildete Nervenparenchym zurückzuführen ist.

Die verbreitetste Form des Collenchyms der Geraniaceen ist das von C. MÜLLER[1]) als Eckencollenchym bezeichnete. Hier erscheint nämlich die Wandverdickung auf die Zellkanten beschränkt oder doch viel auffälliger entwickelt als an den übrigen Wandpartien. Sehr oft treten längs der verdickten Zellkanten Intercellularen auf, wodurch das Lückencollenchym MÜLLER's hervorgeht.

Die Art und die Verteilung des mechanischen Gewebes ist bei den meisten Arten im Blattstiel und in Blattnerven eine verschiedene.

In der Verteilung des Collenchyms zeichnen sich die Pelargonien dadurch aus, dass sowohl im Blattstiel als auch in den Blattnerven unter deren Epidermis ein bis zwei collenchymatische Zelllagen ausgebildet werden, die ziemlich rasch in das gewöhnlich grosslumigere, unverdickte Rinden-

[1]) Ein Beitrag z. Kenntnis der Formen des Collenchyms. Ber. d. deutsch. bot. Ges. VIII (1890), p. 157.

bezw. Nervenparenchym übergehen. Ein ähnliches Verhalten zeigen *Monsonia senegalensis, Erodium Botrys, Viviania crenata* und *ovata*.

Bei *Erodium glaucophyllum* und mehreren Geranium-Arten hingegen ist das ganze Rinden- und bei *Monsonia biflora* und *nivea* das ganze Nervenparenchym collenchymatisch, und zwar nimmt der Grad der Verdickung nach innen zu ab. Am stärksten ausgebildet fand ich das Collenchym im Blattstiel der von JÄNNICKE nicht untersuchten *Dirachma socotrana*; abgesehen vom Mestom ist hier das gesammte Gewebe des Blattstieles collenchymatisch ausgebildet. Gleichzeitig nimmt der Grad der Verdickung centripetal ab.

Die die Gefässbündel umgebenden Collenchymzellen, welche auf der Hadrom- aber ganz besonders auf der Leptomseite zahlreich entwickelt werden, sind von den Elementen des subepidermalen Collenchyms durch geringere Grösse und verhältnismässig stärkere Verdickung der Kanten verschieden.

b. Sklerenchym.

α) Blattstiel.

Das Auftreten von Sklerenchymfasern in der Blattspreite oder im Blattnerven bildet bei den Geraniaceen eine verhältnismässig seltene Erscheinung. Oefters dagegen ist das Sklerenchym, wie schon JÄNNICKE fand, in den Blattstielen anzutreffen, in denen es gewöhnlich einen mehr oder minder starken Festigungsring um die Gesamtheit der Gefässbündel bildet. Ueber letzteren verbreitert sich dieser Ring, seine Zellen werden kleiner, deren Wandungen im Verhältnis stärker, sodass ein stellenweise angeschwollener Sklerenchymmantel um den Gefässbündelring entsteht. Ein solches Verhalten zeigen z. B. *Monsonia biflora, senegalensis, Pelargonium artemisiaefolium, elegans, alpinum* und *scabrum*.

Bei den Arten der Gattung *Biebersteinia*, die von JÄNNICKE nicht untersucht wurden, bilden die Gefässbündel im Blattstiel und der Blattspindel gleichfalls einen Hohlcylinder, der auf dem Querschnitt in ähnlicher Weise wie die oben genannten Arten von einem Sklerenchymring um-

zogen wird. Das Innere dieses Hohlcylinders wird ausgefüllt von einem parenchymatischen Mark, das im unteren Teil der Blattspindel im Laufe der Entwicklung schwindet, wie etwa in den hohlen Internodien der Umbelliferen-Stengel.

In der Gattung *Geranium* lässt sich der Uebergang zwischen Arten mit und Species ohne Festigungsring sehr deutlich verfolgen. *Geranium macrorrhizum* z. B. besitzt einen solchen nicht; hier bildet das mechanische Gewebe um jedes Bündel eine besondere Scheide von Collenchym. Bei *Geranium ibericum* treten diese Scheiden durch Vermittlung dünner Zonen seitlich miteinander in Verbindung. Bei *Geranium phaeum* endlich tritt an die Stelle dieses Collenchymringes ein dünner, aus schwachverdickten und verholzten Zellen bestehender Sklerenchymring auf.

Aehnlich wie die Geranium-Arten zeigt auch die Gattung *Erodium* hinsichtlich des mechanischen Gewebes im Blattstiel bei den einzelnen Arten erhebliche Verschiedenheiten. Bei *Erodium Hussoni* besteht ähnlich wie bei *Geranium phaeum* ein geschlossener Festigungsring um die Gesamtheit der Gefässbündel, welcher von Sklerenchym gebildet wird; *Erodium Botrys* hingegen besitzt einen solchen nicht, sondern kappenförmige Beläge über den einzelnen Gefässbündeln. *Erodium glaucophyllum* entbehrt sowohl eines Festigungsringes, als auch der oben angeführten kappenförmigen Sklerenchymbeläge.

Es ist eine interessante Thatsache, dass mitten im Siebteil des markständigen Gefässbündels von *Pelargonium scabrum* (Fig. 6), *alpinum* und *elegans* ein Complex stark verdickter englumiger Sklerenchymfasern auftritt.

β) Blattspreite.

Bastfasern treten in den Blattrippen nur selten auf. Ich constatierte solche nur für *Pelargonium artemisiaefolium, coronopifolium, scabrum, alpinum*, *Wendtia Reynoldsii* (Fig. 7) und *W. gracilis*.

Bei *Pelargonium artemisiaefolium*, welches im unteren Teil der Hauptrippe mehrere Gefässbündel besitzt, besteht das ganze Gewebe zwischen den Bündeln aus Sklerenchym-

fasern, die durch grösseren Umfang und verhältnismässig schwächere Wandverdickung von denjenigen sich unterscheiden, die über dem Hadrom und Leptom kappenförmige Beläge bilden. Verfolgt man den Verlauf der Blattnerven nach der Spitze des Blattes zu, so findet man, dass von dem ganzen Sklerenchym zuletzt nur noch die kappenförmigen Beläge über den einzelnen Bündeln übrig bleiben.

In den Blättern von *Pelargonium coronopifolium, alpinum* und *scabrum* umgiebt ein halbmondförmiger, aus stark verdickten Zellen bestehender Bastbelag das Mestom. Deutlich ist hier der allmähliche Uebergang von Bastzellen in collenchymatische Zellen zu beobachten.

Das Gewebe innerhalb des Mestomringes wird bei *Pelargonium scabrum* von schwächer verdickten Sklerenchymzellen gebildet. Dieses Verhalten aber zeigen nur die Hauptnerven in ihrem unteren Theil. Nach der Blattspitze zu nimmt das Mestom sichelförmige Gestalt an. Die Bastfasern werden seltener, beschränken sich dann nur auf die Hadromseite und verschwinden endlich gänzlich. An die Stelle der Bastfasern treten Collenchymzellen.

Besonders stark sind die halbmondförmigen Bastbeläge in den Blattrippen von *Wendtia Reynoldsii* (Fig. 7) und gracilis, die sich oft ringförmig schliessen.

c. Blattrand.

Abgesehen von der Thatsache, dass auch die Geraniaceenblätter der Gefahr des Einreissens am häufigsten durch eine stärkere Verdickung der Epidermiszellen am Blattrand vorbeugen, treten bei dieser Familie aber noch zwei andere Faktoren hinzu, welche einen wirksamen Schutz gegen scheerende Kräfte bilden.

Einerseits wird dieser Schutz durch das Auftreten sichelförmig angeordneter Collenchymzellen bedingt, welche allmählich in chlorophyllführendes Gewebe übergehen. Auch hier kann es, ähnlich wie HABERLANDT[1]) für Aloe ausführt,

[1]) Haberlandt, Physiolog. Pflanzenanatomie. 2. Aufl. Leipzig 1896, p. 170.

„keinem Zweifel unterliegen, dass die Schutzbedürftigkeit des Blattrandes einen Funktionswechsel der randständigen, specifischen Assimilationszellen eingeleitet und ihre Metamorphose in mechanische Zellen zur Folge gehabt hat."

So fand ich dicht unter der Epidermis des Blattrandes von *Geranium anemonifolium* und *cuneatum* die oben beschriebenen Collenchymbeläge. Von den über siebzig untersuchten Pflanzen stehen diese beiden Arten hinsichtlich des mechanischen Schutzes durch subepidermales Gewebe einzig da.

Vor der Gefahr einer Verletzung des Blattrandes schützen sich die meisten Geraniaceenblätter vielmehr durch äusserst kräftig ausgebildete Haare, deren Nebenzellen gleichfalls stark verdickt sind. Dazu kommt, dass vielfach solche Haare lediglich auf den Blattrand beschränkt erscheinen.

III. Leitungssystem.

Die Gefässbündel der *Geraniaceen* sind ohne Ausnahmen collateral. Die Zahl der Bündel in Blattstiel und im Mittelnerv der Spreite ist eine sehr verschiedene und scheint sogar innerhalb einer und derselben Art zu schwanken. So fand z. B. JÄNNICKE im Blattstiel von *Geranium macrorrhizum* zwanzig Gefässbündel, nämlich fünf grosse erster Ordnung, fünf mittelgrosse zweiter Ordnung — etwas nach aussen gerückt und am weitesten nach aussen liegend zwischen denen erster und zweiter Ordnung zehn Stränge dritter Ordnung. Ich fand bei dem von mir untersuchten Exemplar von *Geranium macrorrhizum* ein ähnliches Verhältnis, aber eine andere Zahl, nämlich vier Gefässbündel erster, vier zweiter und nun statt acht deren nur sechs dritter Ordnung. Zwei Gefässbündel dritter Ordnung gelangten hier nicht zur Entwicklung.

Der Blattstiel von *Geranium ibericum* enthält vier grössere und dazwischen vier kleinere Gefässbündel. Für Arten wie z. B. *Monsonia biflora, senegalensis, Pelargonium artemisiaefolium* und *ovale* scheint die Vierzahl eine constante zu sein, aber wie aus Obigem hervorgeht, erscheint es mir wenig angezeigt, auf die Zahl der die Blattstiele und Blatt-

nerven durchziehenden Leitstränge besonderes Gewicht zu legen.

Markständige Gefässbündel bilden namentlich für die Gattung *Pelargonium* eine häufige Erscheinung. Ich fand sie bei *Pelargonium scabrum* (Fig. 6), *elegans*, *tricolor*, *alpinum* und *graveolens* vor. Markständige Bündel im Blattstiel fehlen dagegen bei *Pelargonium artemisiaefolium* und *ovale*. Es ist darauf besonderes Gewicht zu legen, dass nicht alle Pelargonien solche besitzen, da JÄNNICKE[1]) ihr Auftreten in der Gattung *Pelargonium* für constant angiebt.

In die Hauptnerven treten sehr selten mehr als fünf Gefässbündel ein, deren Zahl nach dem Blattende zu abnimmt, sodass am Ende des Hauptnerven fast ausschliesslich nur ein einziges anzutreffen ist. Dieses erscheint aber verhältnismässig grösser als diejenigen des unteren Teiles, sodass hier die Annahme einer Verschmelzung mehrerer Gefässbündel zu einem einzigen notwendig erscheint. Dafür spricht auch die Thatsache, dass letzteres stets eine halbmondförmige Gestalt besitzt, was auf eine unvollkommene Verschmelzung auf dem Querschnitt ringformig angeordneter Gefässbündel schliessen lässt.

Auf dieselbe Weise ist die geringere Zahl von Bündeln im unteren Teil der Nerven gegenüber den Blattstielen zu erklären.

Dirachma socotrana zeigt in der Ausbildung des Leitungssystems in Blattstiel und den Rippen der Blattspreite eine nur ihr zukommende Eigentümlichkeit. Ein Querschnitt durch den Blattstiel z. B zeigt zwar auch, dass Xylem und Phloem je zwei halbmondförmige Gruppen bilden; aber innerhalb der Holzteile sind die Tracheen in äusserst deutlicher Weise in radiale Reihen angeordnet.

Pelargonium tricolor steht gleichfalls im Verlauf der Bündel isoliert in der Familie, entspricht aber nicht dem Bau, wie er bei *Dirachma* vorkommt. In die Hauptrippe treten fünf Gefässbündel ein. Das abweichende Verhalten

1) l. c. p. 10.

zeigt sich darin, dass im unteren Teile des Hauptnerven dicht unter der oberen Epidermis zwei halbmondförmige, über einander liegende Gefässbündel ihre Phloemteile gegen einander kehren, während bei den übrigen, im Halbkreise angeordneten Strängen gemäss der allgemeinen Regel die Xylemteile nach innen, die Phloemteile dagegen nach aussen gerichtet sind. Die Erklärung für dieses abnorme Verhalten liefert ein Querschnitt durch den Blattstiel dieser Pflanze, in welchem central ein unvollkommen geschlossenes, concentrisches Gefässbündel sich findet. Dieses nimmt also beim Eintritt in die Blattspreite die oben beschriebene peripherische Stellung ein.

Aehnlich gebaute, markständige Bündel, bei denen das Phloem ebenfalls central liegt, finden sich ferner im Blattstiel von *Pelargonium elegans, scabrum, alpinum, Radula* u. a., nur bildet hier das Xylem keine ganz geschlossene Scheide um das Phloem.

In der Ausbildung der Elemente sowohl des Xylems als auch des Phloems herrscht grosse Gleichförmigkeit. Die Tracheen sind spiralig verdickt, die Siebröhren englumig. Eine Ausnahme bilden *Pelargonium Radula* und *graveolens*, welche neben spiraligen Verdickungen auch ringförmige Aussteifungen der Gefässe aufweisen.

IV. Assimilationssystem.

Alle drei Typen des Blattbaues finden in der Familie der Geraniaceen ihre Ausbildung.

Homogen-centrische Blätter, bei denen kein eigentliches Palissadengewebe zur Entwicklung gelangt, finden sich nur sehr selten. Verbreiteter schon ist der isolaterale Typus, bei welchem Palissaden auf beiden Blattseiten ausgebildet werden. Der grösste Teil der Geraniaceen aber besitzt bifaciale Blätter; dabei ist die Zahl der Palissadenschichten verschieden gross.

Nur eine Palissadenschicht besitzen z. B. *Geranium nepalense, Hernandezii, phaeum, coeruleum*, die *Monsonia*-Arten, *Erodium asplenioides, astragaloides, absinthoides, Pelargonium*

patulum, *capitatum*, *Radula* u. a. m.; zweischichtig ist z. B. das Palissadengewebe von *Geranium cinereum*, *subcaulescens*, *tuberosum*, *incanum*, *ibericum*, *Erodium mauritanicum* und *Gussonei*; zwei- bis dreischichtig erscheint dasselbe z. B. bei *Geranium macrorrhizum* und *Pelargonium Endlicherianum*.

Bei der überwiegenden Mehrzahl der Arten liegen die Palissadenzellen ohne grössere Intercellularen nebeneinander, ihre Länge beträgt gewöhnlich das Zwei- bis Vierfache der Breite. Bei mehrschichtigen Palissaden nimmt gewöhnlich die Grösse derselben von oben nach unten ab.

Bei vielen Pelargonien (*P. triste*, *scabrum*, *zonale*, *Radula* u. a.) geht das Pallissadengewebe allmählich in ein aus rundlichen, schwach horizontal gestreckten, ebenfalls chlorophyllhaltigen Zellen bestehendes Gewebe über.

An diese Art der Ausbildungsweise des Mesophylls schliesst sich der Blattbau von *Geranium arboreum* und *Pelargonium peltatum* an. Hier erscheint das Mesophyll als ein ziemlich gleichmässiges Gewebe, dessen einzelne Zellen im Querschnitt kubisch bis rundlich, schwach horizontal gestreckt sind. Die Blätter müssen demnach als homogen-centrisch gebaut, bezeichnet werden.

Als Beispiele isolateraler Blätter seien hier genannt *Sarcocaulon Burmanni*, *Pelargonium oxalidifolium*, *rapaceum*, *ovale*, *elegans*, *tricolor*.

Ein eigentümliches Aussehen besitzen die schmallinealischen, sitzenden Blätter von *Pelargonium coronopifolium*, welche erheblich von allen übrigen ericoiden Pelargonien abweichen. Die Blätter sind hier längs der Mittelrippe gefaltet, und die beiden Hälften legen sich mit ihren Oberseiten dicht an einander, so dass eine schmale, enge Rinne zu Stande kommt. Die biologische Bedeutung dieser Einrichtung ist nicht so unmittelbar klar. Der Annahme, dass sie allein transpiratorischen Zwecken dienen könnte, steht die Thatsache gegenüber, dass die Spaltöffnungen nicht allein auf die Oberseite des Blattes beschränkt sind, sondern auch auf der Unterseite in kaum geringerer Zahl auftreten.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass homogen-centrische und isolaterale Blätter fast ausschliesslich der Capflora angehören, und dass ferner bei einem grossen Teil der Pelargonium-Arten der Blattbau sich der homogen-centrischen Ausbildung auffallend nähert.

V. Durchlüftungssystem.

Das Vorkommen der Geraniaceen unter recht verschiedenen klimatischen Verhältnissen lässt von vornherein auch auf eine verschiedene Ausbildung des Durchlüftungssystems und der Pneumathoden schliessen.

Die Gattung *Geranium*, deren Hauptverbreitung die waldlosen Formationen und Gebüsche der nördlichen gemässigten Zone sind, entbehrt im Allgemeinen weiter gehender Schutzvorrichtungen gegen die Gefahren übermässiger Transpiration; die Spaltöffnungen sind am zahlreichsten oder ausschliesslich auf die Blattunterseite beschränkt. Im Gegenteil, gerade die Geranien zeigen sogar Einrichtungen im Bau der Spaltöffnungen, welche die Transpiration begünstigen; diese beruhen darauf, dass sich die Spaltöffnungsapparate, und das trifft, soweit untersucht, blos für die unterseitigen Spaltöffnungen zu, über das Niveau der Epidermis emporheben. Durch die exponierte Lage des Spaltöffnungsapparates, die zwar bei den Geranien nicht sehr stark ausgeprägt ist, wird hier vielleicht nicht nur eine Steigerung der Transpiration erzielt, sondern die Pflanzen schützen sich dadurch auch gegen eine länger andauernde, capillare Verstopfung der Spalten. Ein solches Verhalten zeigen *Geranium cinereum*, *subcaulescens*, *incanum*, *ibericum* und *coeruleum*.

Schwerer zu deuten ist, wie schon HABERLANDT[1]) mit Recht hervorhebt, der Fall, wo die beschriebenen Spaltöffnungen an stark behaarten Blättern auftreten, wie z. B. bei den *Viviania*-Arten, deren Blattunterseite, auf welche die

[1]) l. c. p. 406.

Spaltöffnungen beschränkt sind, mit einem dichten Filz von Wollhaaren bedeckt erscheint.

Einen vortrefflichen tanspiratorischen Schutz erlangen die Blätter von *Balbisia microphylla*. Die Arten dieser Gattung sind Bewohner trockener Gebiete der chilenischen Anden und bedürfen auch eines derartigen Schutzes wegen der dort herrschenden klimatischen Verhältnisse. Hier werden die Spaltöffnungen versenkt in windgeschützte Hohlräume, und diese letzteren bilden sich durch Umrollung der Blattspreite nach unten, und so entsteht zu beiden Seiten der stark vortretenden Mittelpartie je eine rinnenförmige Vertiefung.

Bezüglich der Ausbildung des Durchlüftungssystems zeigt die vorzugsweise im Mittelmeergebiet verbreitete Gattung *Erodium* Annäherungen an *Geranium*, mit dem Unterschied jedoch, dass die Verteilung der Spaltöffnungen auf beide Blattflächen eine ziemlich gleichmässige ist; die im Allgemeinen dichtere Behaarung der Erodien gegenüber den allermeisten *Geranium*-Arten bedingt hier einen stärkeren Transpirationsschutz.

Die fast ausschliessliche Verbreitung der *Pelargonium-*, *Monsonia-* und *Sarcocaulon*-Arten in den trockenen Gebieten Afrikas legt den Gedanken nahe, dass diese Pflanzen sich vor einem zu intensiven Wasserverlust durch besonders gestaltete Spaltöffnungsapparate schützen würden. In der That trifft man ja auch solche Vorrichtungen bei *Rhynchotheca spinosa*, *Wendtia Reynoldsii* und *gracilis*, also den amerikanischen Xerophyten der Familie. Bei diesen wird durch das Versenken der Spaltöffnungen unter das Niveau der Epidermis eine äussere Atemhöhle geschaffen.

Wenn man aber die *Pelargonium-*, *Monsonia-* und *Sarcocaulon*-Arten auf ihre Spaltöffnungsapparate hin untersucht, so wird auf den ersten Blick das Fehlen von Schutzvorrichtungen im Bau der Pneumathoden selbst höchst auffallend erscheinen. Wenn auch diese letzteren fehlen, so erhalten die Xerophyten Afrikas doch durch anderweitige Eigentümlichkeiten in ihrer Organisation einen ausreichenden Schutz.

Eine nicht seltene Schutzvorrichtung beruht im morphologischen Aufbau der Blätter selbst. Viele *Pelargonium*-Arten nämlich sind durch einen typischen ericoiden Habitus ausgezeichnet. Ich greife aus der grossen Mannigfaltigkeit der Formen blos *Pelargonium artemisiaefolium* und *coronopifolium* als Beispiele heraus. Durch die genannte Ausbildungsweise der Blätter wird einer zu starken Insolation gesteuert. Dazu gesellt sich bei den meisten *Pelargonium*- und *Monsonia*-Arten ein dichtes Indument von Deckhaaren. Endlich liegt bei den meisten ein transpiratorischer Schutz im Bau des Blattmesophylls. Hier macht sich die Tendenz deutlich geltend, die Ausbildung von Intercellularen auf ein Minimum herabzusetzen. Wie früher schon hervorgehoben, gehen in den bifacialen Blättern vieler *Pelargonium*-Arten die Palissaden allmählich in ein aus rundlichen, schwach horizontal gestreckten Zellen bestehendes, ziemlich eng geschlossenes Gewebe über. Bei den Pelargonien mit isolateralen Blättern sind grössere Intercellularen gleichfalls nicht vorhanden.

VI. Excretionssystem.

Wenn man von den schon früher (*S.* 17) besprochenen Drüsenhaaren absieht und auch den Gerbstoffgehalt der Zellen unberücksichtigt lässt, so bildet das Calciumoxalat das einzige Excret der Geraniaceenblätter, in denen es sehr häufig in grossen Massen, gewöhnlich in Form von Krystalldrusen, seltener von Einzelkrystallen auftritt.

Nur bei *Geranium argenteum, cinereum, subcaulescens, tuberosum, Pelargonium triste, scabrum, Endlicherianum* und *Balbisia microphylla* gelang es nicht, Kalkoxalat im Blatt zu finden. Spärlich ist dasselbe bei *Erodium glaucophyllum, Pelargonium artemisiaefolium, patulum, laevigatum, Biebersteinia multifida* und *Viviania crenata.*

Die häufigste und in manchen Blättern die einzige Form in der Kalkoxalat vorkommt, bildet die Krystalldruse. Besonders gross sind die Drusen bei den meisten Erodium-Arten und bei *Pelargonium amatymbicum.*

Eigentümliche sphärokrystallinisch-drusige Aggregate in grosser Anzahl lassen sich bei *Monsonia biflora, Burkeana, umbellata, nivea,* ferner bei allen Erodium-Arten mit Ausnahme von *Erodium Gussonei* und *Hussoni* nachweisen.

Das Kalkoxalat findet sich im ganzen Mesophyll zerstreut vor, am häufigsten jedoch unterhalb des Palissadengewebes, seltener im Nervenparenchym.

Bei *Monsonia biflora, Burkeana* und *nivea* erscheinen einzelne Palissadenzellen mit den oben angeführten sphärokrystallinisch-drusigen Aggregaten angefüllt.

Einige Geranium-Arten, wie *Geranium Hernandezii, ibericum* und *arboreum* haben die Drusen zum grössten Teil nur längs der Gefässbündel, unmittelbar unter der oberen Epidermis in Längsreihen angeordnet. Ebenfalls trifft dies für *Geranium Endressi* zu, nur finden sich hier die Drusen fast ausschliesslich in den Seitennerven vor. *Dirachma socotrana* endlich besitzt die Drusen nur auf der Unterseite der Rippen.

Bei *Wendtia Reynoldsii* (Fig. 7) und *gracilis* stehen, auf dem Blattquerschnitt gesehen, über jedem Gefässbündel zwei bis drei grosse, runde Zellen, deren jede von einer Druse fast völlig ausgefüllt wird. Betrachtet man die Blattnerven von der Fläche, so erscheinen die Oxalat führenden Zellen als ein- bis dreireihige, rosenkranzähnliche Stränge (Fig. 8).

In der Art der Ausbildung des Kalkoxalats steht in der Familie der Geraniaceen *Rhynchotheca spinosa* einzig da. Längs der Nerven bemerkt man bei dieser Pflanze lange prismatische Krystalle, deren Enden durch steile rhombische Flächen gebildet werden. Auf dem Querschnitt zeigen diese Krystalle, wenn nicht zufällig gerade eine Endfläche getroffen wurde, einen quadratischen bis rhombischen Umriss. Ähnliche Krystalle wurden auch in den Blättern von *Iris germanica* gefunden.

Bei der Behandlung mit Salzsäure lösen sich die Krystalle schnell auf, und es bleiben Zellen zurück, die genau den Umriss der aufgelösten Krystalle zeigen. Diese Zellen bewahren ihre frühere Gestalt derart, dass bei flüchtiger Be-

obachtung man nicht entscheiden kann, ob dieselben leer sind oder Krystalle führen.

Damit im Einklange steht das, was ROTHERT und ZALENSKI in ihrer jüngst erschienenen Arbeit[1]) sagen:

»Es scheint mir also die Forderung unabweisbar, dass die Krystalle nicht in beliebigen, sondern präformierten Zellen entstehen, nach denen der gelöste oxalsaure Kalk aus dem umliegenden Gewebe strömt und in denen er sich so anhäuft, dass er gerade hier zur Krystallisation kommt. Damit dies der Fall sei, muss das Protoplasma dieser Zellen die specifische Fähigkeit besitzen, gelöstes Kalkoxalat fortgesetzt aus den umliegenden Zellen aufzunehmen, obgleich es bereits eine gesättigte Lösung desselben enthält; die Aufnahme muss also entgegen den osmotischen Gesetzen durch active, mit Energieaufwand verbundene Lebensthätigkeit erfolgen«.

---

[1]) Ueber eine besondere Kategorie von Krystallbehältern. Botan. Centralblatt LXXX (1899), p. 152.

B. Verwertung des anatomischen Befundes für die Systematik der Familie.

I. Anatomischer Charakter der Familie.

Bevor die Frage erörtert wird, inwieweit die anatomischen Merkmale mit den morphologischen in der Familie der Geraniaceen sich decken, sollen die die ganze Familie charakterisierenden anatomischen Befunde in gedrängter Form vorausgeschickt werden.

Die Epidermis ist stets einschichtig und erscheint auf dem Quérschnitt mehr oder weniger vorgewölbt. Die Seitenwände der oberen Epidermis haben zum grossen Teil einen mehr polygonalen, diejenigen der unteren Epidermis grösstenteils einen mehr gewellten Umriss. Die Kutikula stellt eine stets dünne Lamelle dar, die meistens gerillt ist. Die Kutikularleisten treten namentlich an den Blattrippen und Blatträndern deutlich hervor. Oft strahlen Kutikularleisten von den Spaltöffnungen und der Haarbasis aus. Nach ihrer physiologischen Funktion und ihrem morphologischen Aufbau zerfallen die Trichome in Deckhaare, Drüsenhaare und Zotten. Die Deckhaare laufen stets in eine scharfe Spitze aus; ihre Kutikula erscheint meistenteils körnig. Gewöhnlich erweitern sich die Haare nach der Basis zu, um dann in Form eines Kegels oder Kegelstumpfes, seltener eines Cylinders in der Epidermis zu endigen. Das Köpfchen der Drüsenhaare ist

stets einzellig. Die strahlenförmig angeordneten Nebenzellen beider Trichomarten wölben sich bei den Deck- und den grösseren Drüsenhaaren meist polsterartig empor. Die Zotten sind keulenförmige, epidermale Ausstülpungen.

Das bei allen Arten auftretende mechanische Element im Blattstiel und den Blattrippen bildet das Collenchym. Es findet sich erstens direkt unter der Epidermis ein- bis mehrschichtig und zweitens als Mantel um die Gefässbündel, wo es meistens an der Seite des Phloems stärker entwickelt ist als an der des Xylems. Bastfasern fehlen oder sind selten. Die Gefässbündel sind collateral. Die Tracheen besitzen mit wenigen Ausnahmen nur Spiralverdickungen ihrer Wände.

Ueberblickt man die hier noch einmal kurz zusammengefassten Merkmale, welche die Glieder der Geraniaceen verbinden, so ergiebt sich hieraus das für die Systematik nicht gerade erfreuliche Resultat, dass der morphologisch so gut charakterisierte Verwandtschaftskreis der Geraniaceen in anatomischer Hinsicht dieser scharfen Grenzen entbehrt. Die Familie als solche zeigt keinerlei besondere anatomische Eigentümlichkeiten, aufgrund deren die Erkennung sterilen Materials sich ermöglicht, wie dies bisher für viele andere Familien nachgewiesen wurde. Es zeigt sich also wiederum auch hier, dass man von der „anatomischen Methode" der Systematik nicht mehr verlangen darf, wie von jeder anderen Art der Untersuchung; ja gerade hier treten gegenüber den morphologischen Charakteren die anatomischen Merkmale ganz in den Hintergrund. Das Studium der Geraniaceen ist nicht geeignet, die Ansicht der Botaniker zu stützen, welche die Bedeutung der Anatomie in den Vordergrund stellen und ihr gegenüber den morphologischen Bau der Pflanze vernachlässigen.

II. Gliederung der Familie mit Berücksichtigung der anatomischen Merkmale.

Obwohl nun die Familie der Geraniaceen als solche anatomischer Merkmale entbehrt, erscheint es von vornherein

doch nicht als ausgeschlossen, dass wenigstens die Tribus der Familie anatomisch umgrenzt werden können.

Für die einzelnen, auf morphologischer Grundlage aufgestellte Tribus durchgehende, diese vor allen übrigen scharf charakterisierende, anatomische Merkmale wurden nur für einzelne, nämlich für die Biebersteinieen, Vivianieen, Wendtieen und Dirachmeen gefunden, also für solche Tribus, die auch morphologisch und pflanzengeographisch scharf umgrenzt sind.

1. Die Biebersteinieen sind durch den Besitz von Zotten (Fig. 4) ausgezeichnet. Ferner erscheint wenigstens im unteren Theil die Blattspindel hohl, wodurch noch mehr als durch das äussere Aussehen für das einzelne Blatt der Habitus eines Sprosses erreicht wird. Die in der Blattspindel ringförmig angeordneten Gefässbündel werden von einem aus stark verdickten und verholzten Sklerenchymfasern bestehenden Festigungsring umgeben.

2. Die Spaltöffnungen der Wendtieen rücken entweder unter das Niveau der Epidermis, sodass eine äussere Atemhöhle zustande kommt oder beschränken sich auf zwei durch Umstülpung der Blattränder gebildete, windgeschützte Längsrinnen der Blattunterseite. Diese Lage der Spaltöffnungen bedingt allerdings einen Transpirationsschutz, der als Anpassung an das trockene Klima des andinen Südamerikas aufgefasst werden muss; aber da die unter analogen klimatischen Verhältnissen wachsenden Geraniaceen des Caplandes und der afrikanischen Wüstengebiete in ganz anderer Richtung einen Schutz erhalten, wie S. 30 gezeigt worden ist, so gewinnt dieser anatomische Bau, mag er auch in erster Linie als Anpassungserscheinung zu deuten sein, immerhin einen systematischen Wert.

3. Die Vivianieen zeichnen die auf der Blattunterseite einen dichten Filz bildende Wollhaare vor allen anderen Gruppen aus. Die Fussstücke der Haare besitzen eine cylindrische Form. Die Epidermisaussenwände der Blattoberseite sind gegenüber den dünnwandigen, unterseitigen

Epidermiszellen verdickt, ausserdem erscheinen diese kleiner als die der Blattoberseite. Die Spaltöffnungen beschränken sich blos auf die Unterseite, wo sie äusserst zahlreich vorkommen und sich samt den Nachbarzellen über das Niveau der Epidermis, emporheben.

4. Wie morphologisch, so ist die Tribus der Dirachmeen auch anatomisch scharf gekennzeichnet und zwar durch die Anordnung des Leitungs- und mechanischen Systems. Die Gefässbündel der Blätter erscheinen auf dem Querschnitt hufeisenförmig, die einzelnen Xylemelemente sowohl im Blattstiel als auch in den Blattrippen radiär angeordnet. Das ganze übrige Gewebe, d. h. das ganze Rinden- bezw. Nervenparenchym ist collenchymatisch ausgebildet.

5. In der Tribus der Geranieen, der formenreichsten Gruppe der ganzen Familie ist hingegen eine Uebereinstimmung zwischen Morphologie und Anatomie nicht vorhanden. Ein für die ganze Tribus, der die Gattungen *Geranium*, *Monsonia*, *Sarcocaulon*, *Erodium* und *Pelargonium* angehören, durchgehendes, anatomisches Merkmal lässt sich nicht finden. So sind es eben nur negative Merkmale, welche diese Tribus von den übrigen Gruppen der Familie trennen.

III. Charakteristik der einzelnen Gattungen.

1. Tribus Geranieae.

1) Die Gattung Geranium erfährt aus den früher angeführten Gründen (S. 3) hier keine Berücksichtigung. Sie scheint übrigens durch keine besonderen, nur ihr eigentümlichen, anatomischen Merkmale charakterisiert zu sein.

2) Die Gattung Monsonia. Zwischen den Epidermiszellen der Ober- und Unterseite bestehen weder in der Grösse, noch im Grad der Verdickung erhebliche Unterschiede. Das ganze Nervenparenchym ist collenchymatisch. Deck- und Drüsenhaare fehlen niemals. Erstere sind gewöhnlich sehr klein, besitzen eine körnige Kutikula und einen kegelförmigen

Fuss. Die Spaltöffnungen finden sich auf beiden Blattseiten gleich zahlreich vor. Die Gefässbündel haben auf dem Querschnitt eine halbmondförmige Gestalt, deren konvexe Seite ist stets der Blattunterseite zugekehrt. Die Tracheen besitzen nur Spiralverdickungen. Neben den Krystalldrusen und den früher angeführten krystallinisch-drusigen Aggregaten treten gewöhnlich Einzelkrystalle auf.

3) Die Gattung Sarcocaulon. Von dieser Gattung konnte ich nur *Sarcocaulon Burmanni* untersuchen und fand diese Pflanze völlig unbehaart, was ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal gegenüber den stets behaarten Blättern der übrigen Geraniaceen bilden würde, könnte man sich in dieser Hinsicht unbedingt auf die Untersuchung von Herbarmaterial verlassen. Das Kalkoxalat findet sich nur in der Form von Drusen. Ein äusserst wichtiges Unterscheidungsmerkmal sowohl in morphologischer als auch in anatomischer Beziehung bilden die nach dem Abfall der Blätter verdornenden Blattstiele. In die vor der Verdornung nur kurzen Blattstiele treten drei Gefässbündel ein. Das Grundgewebe des jungen Blattstieles ist schwach collenchymatisch und bildet so das einzige mechanische Element. Ein ganz anderes Aussehen besitzen die verdornten, älteren Blattstiele. Auch hier, wie dort, liegt unter der Epidermis collenchymatisches Gewebe, welches hier aber auf wenige Zellschichten zurückgedrängt wird. Dieses geht allmählich in das aus überaus stark verdickten und verholzten Elementen bestehende mechanische Gewebe über, welches, mit Ausnahme der Gefässbündel, das ganze Innere bildet. Die centrale Partie besteht aus weitlumigeren, verhältnismässig schwächer verdickten Sklereiden, die sich von den typischen Bastzellen, in welche sie allmählich übergehen, durch ovale Tüpfel und geringere Länge unterscheiden.

4) Die Gattung Erodium zeigt in anatomischer Hinsicht die grössten verwandtschaftlichen Beziehungen zu den Monsonien. Die Seitenwände der oberen Epidermis haben einen polygonalen Umriss. Die Spaltöffnungen sind auf beiden Blattseiten gleich zahlreich vertreten. Die Gefäss-

bündel erscheinen im Blattstiel und in den Blattrippen meistens zahlreicher als bei den Monsonien. Bastzellen treten in den Rippen niemals auf. Das Kalkoxalat ist sehr verbreitet und zwar in Form von Drusen, krystallinisch-drusigen Aggregaten und Einzelkrystallen.

5) Die Gattung Pelargonium. Wenn JÄNNICKE[1]) in seinen Beiträgen zur vergleichenden Anatomie der Geraniaceen behauptet, dass der Besitz eines markständigen Gefässbündels im Blattstiel ein hervorragender Charakter der Pelargonien ist, so gilt dies mit einigen Einschränkungen. Unter neun von mir hierauf untersuchten Pelargonium-Arten fand ich bei zwei derselben, nämlich bei *Pelargonium artemisiaefolium* und *ovale*, kein markständiges Gefässbündel. Andererseits fand ich ein solches auch z. B. bei *Monsonia nivea*. Ebenso ist das Auftreten eines Festigungsringes nicht durchgehend, so z. B. entbehrt der Blattstiel von *Pelargonium ovale* eines solchen. Deshalb ist es richtiger, das Vorkommen eines markständigen Gefässbündels und eines Festigungsringes im Blattstiel dieser Gattung nur als ein wesentliches, aber nicht ausschliessliches Merkmal anzusprechen.

Bei der tabellarischen Zusammenstellung aller anatomischen Merkmale fiel mir eine vorherrschende, namentlich bei *Pelargonium* schärfer ausgeprägte Beziehung zwischen der Art des Verlaufes der Epidermisseitenwände und dem Grad der Verdickung an den Aussen- und Innenwänden auf. Dem typisch polygonalen Epidermiszellumriss entspricht gewöhnlich eine Verstärkung der Aussen- und Innenmembran und umgekehrt sind diese gewöhnlich zart bei Epidermiszellen mit gewellten Seitenwänden. Es sei nochmals scharf betont, dass diese Beziehung eine blos vorherrschende ist. Bei den Pelargonien macht sich — und das ist namentlich bei den Cappelargonien der Fall — die Tendenz geltend, ihre Blätter isolateral auszubilden. Endlich sollen noch zwei negative Merkmale hervorgehoben werden. Erstens gelangt sehr selten ein typisches Schwammparenchym zur Ausbildung,

[1]) l. c. p. 22.

und zweitens tritt Kalkoxalat in Form von Einzelkrystallen nur sehr selten auf.

2. Tribus Biebersteinieae.

Die einzige Gattung Biebersteinia wurde bereits früher (S. 35) näher erwähnt.

3. Tribus Wendtieae.

1) Die Gattung Rhynchotheca zeichnet sich vor allen anderen Geraniaceen aus durch die überaus bedeutende Stärke der Epidermisaussenwände, die schwach papillösen Ausstülpungen letzterer auf der Blattunterseite und ferner durch die eigentümlichen, prismatischen, mit schiefen Endflächen versehenen Einzelkrystalle von Kalkoxalat. Die Blattoberseite besitzt keine Spaltöffnungen. Auf der Blattunterseite sind dieselben unter das Niveau der Epidermis gerückt.

2) Die Gattung Wendtia. Das charakteristischste Merkmal dieser Gattung bilden die überaus kräftigen, aus stark verdickten und verholzten Zellen bestehenden, ober- und unterseitigen, halbmondförmigen Bastbeläge der Blattrippen und die in Längsreihen über diesen unmittelbar unter der oberen Epidermis angeordneten Kalkoxalatdrusen. Die Spaltöffnungen sind auch hier, wie bei Rhynchotheca, eingesenkt. Sie finden sich bei *Wendtia* auf beiden Blattseiten vor, wenn auch die Oberseite die spaltöffnungsärmere ist.

3) Die Gattung Balbisia steht wegen der Kleinheit und der eigentümlichen Ausbildungsweise der Blätter in ziemlich schroffem Gegensatz zu den übrigen Gattungen. Auch entstehen durch Umstülpung der Ränder auf der Blattunterseite zwei windgeschützte Längsrinnen, auf welche sich die Spaltöffnungen beschränken. Abgesehen von der silbergrauen Behaarung unterscheidet sich *Balbisia* von *Rhynchotheca* und *Wendtia* bezüglich der Ausbildung der Spaltöffnungen dadurch, dass hier diese auf gleichem Niveau mit der Epidermis stehen.

4. Tribus Vivianieae.

Die Gattung Viviania. Mit dem Tribuscharakter deckt sich hier natürlich auch derjenige der Gattung. Es ist

interessant, wie diese unter ähnlichen klimatischen Verhältnissen, wie die afrikanischen Geraniaceen, lebenden Formen in der Ausbildung eines transpiratorischen Schutzes andere Wege einschlagen. Lag bei den Geranieen, namentlich den Pelargonien, dieser hauptsächlich in der besonderen Ausbildung des Blattmesophylls, so entgehen die Viviania-Arten einem zu grossen Wasserverlust, indem sie die Spaltöffnungen unter einem äusserst dichten Filz von Wollhaaren ausbilden. Nur eines bleibt hier unerklärlich, weshalb hier die Spaltöffnungen samt den sie umgebenden Epidermiszellen in die Höhe gehoben erscheinen.

5. Tribus Dirachmeae.

Die einzige Gattung Dirachma wurde früher (S. 36) bereits anatomisch charakterisiert.

Erklärung der Abbildungen.

No. 1. Haar der Blattoberseite von Monsonia ovata (verg. 230).
No. 2 u. 3. Haare der Blattoberseite von Geranium lucidum (verg. 80).
No. 4. Zotte der Blattspindel von Biebersteinia multifida (verg. 80).
No. 5. Haar der Blattoberseite von Pelargonium artemisiaefolium (verg. 230).
No. 6. Markständiges Gefässbündel des Blattstieles von Pelargonium scabrum (verg. 230).
No. 7. Krystalldrusen von Wendtia Reynoldsii, auf dem Blattquerschnitt gesehen (verg. 230).
No. 8. Dieselben Krystalldrusen, auf dem Flächenschnitt gesehen (verg. 415).

Lebenslauf.

Ich, Stephan Ernst Brunies, evangelischer Konfession, wurde am 18. Februar 1877 in Cinuskel (Engadin) geboren. Meinen ersten Unterricht empfing ich in der Primarschule meines Geburtsortes. Im September 1891 bezog ich das Lehrerseminar zu Chur (Schweiz), welches ich 1896 nach Verleihung eines Lehrerpatents erster Klasse verliess. Seit Oktober 1896 widmete ich mich an hiesiger Universität dem Studium der Naturwissenschaften, insbesondere dem der Botanik.

Während meiner Studienzeit besuchte ich die Vorlesungen und Uebungen folgender Herren Professoren und Docenten:

Brefeld, Chun, F. Cohn †, Ebbinghaus, Frech, Freudenthal, Gürich, Hintze, Kükenthal, Ladenburg, Mez, Milch, Partsch, Pax, Rosen, Weberbauer.

Ihnen allen sage ich meinen besten Dank.

An dieser Stelle sei mir auch gestattet, Herrn Privatdocenten Dr. Weberbauer für die stets bereitwillig erteilten Ratschläge bei der Anfertigung vorliegender Arbeit herzlichst zu danken.

Thesen.

1. Der xerophile Bau der Salzpflanzen ist nicht als Schutzmittel gegen zu starke Concentration der aufgenommenen Salzlösungen anzusehen.
2. Die Feldspäthe krystallisieren ausnahmslos im asymmetrischen System.
3. Ueberzeugende Beweise für die Abstammung der Placentalia von den Marsupialia sind noch nicht erbracht worden.

Fig.1.

Fig.4.

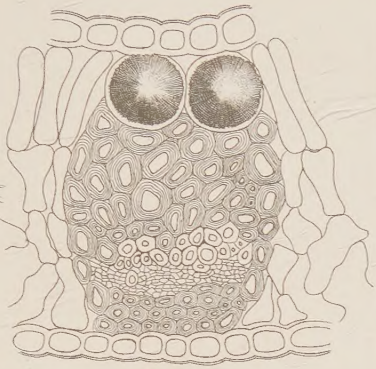

Fig.7.

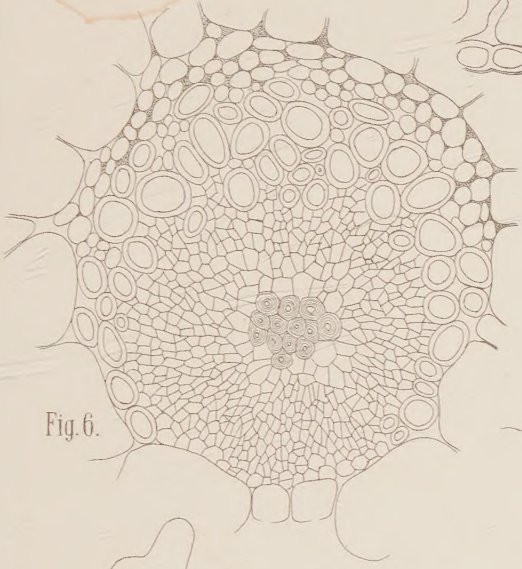

Fig.6.

Fig.2.

Fig.3.

Fig.8.

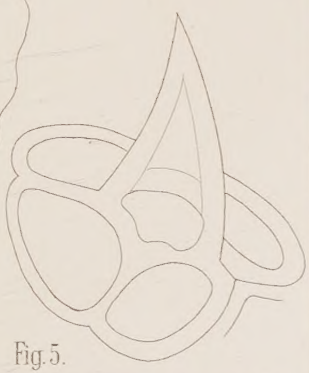

Fig.5.

Lith.Anst. u. Steindr. v. Paul Springer, Breslau.